

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-122178

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl.

H04B 10/08

H04J 14/00

H04J 14/02

(21)Application number : 09-285097

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 17.10.1997

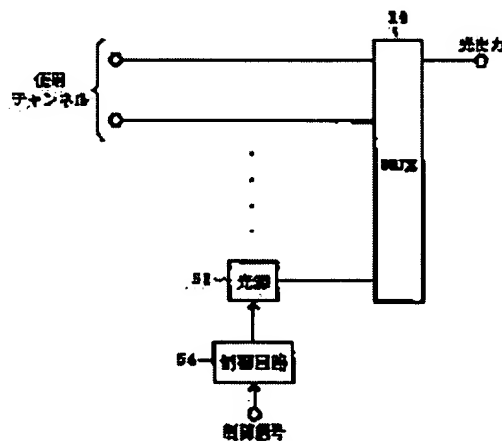
(72)Inventor : OKANO SATORU
NISHIMOTO HIROSHI
YAMANE KAZUO
TSUDA TAKASHI
KAWASAKI YUMIKO

(54) OPTICAL TRANSMISSION DEVICE AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the risk for transmission quality deterioration when the number of channels of wavelength division multiplex(WDM) is changed by providing a compensation means for adding light having a previously decided wavelength to WDM signal light when one of plural light signals is cut.

SOLUTION: A plurality of input ports of an optical multiplexer 14 are connected to plural optical transmitters outputting the light signals having different wavelengths. One of the input ports is connected to an additional light source 52. The light source 52 is turned on/off by a control circuit 54 so that it outputs light having a predetermined wavelength in accordance with a previously decided rule. When all use channels are normal, the light source 52 is turned off, for example. When that one light signal of the use channel is cut is detected, the light source 52 is turned on. Thus, the obtained total power of the WDM signal light becomes almost constant.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-122178

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

H 0 4 B 10/08

H 0 4 B 9/00

K

H 0 4 J 14/00

E

14/02

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-285097

(22) 出願日 平成9年(1997)10月17日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 岡野 悟

北海道札幌市中央区北一条西2丁目1番地
富士通北海道デジタル・テクノロジ株
式会社内

(72) 発明者 西本 央

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 松本 昂

最終頁に続く

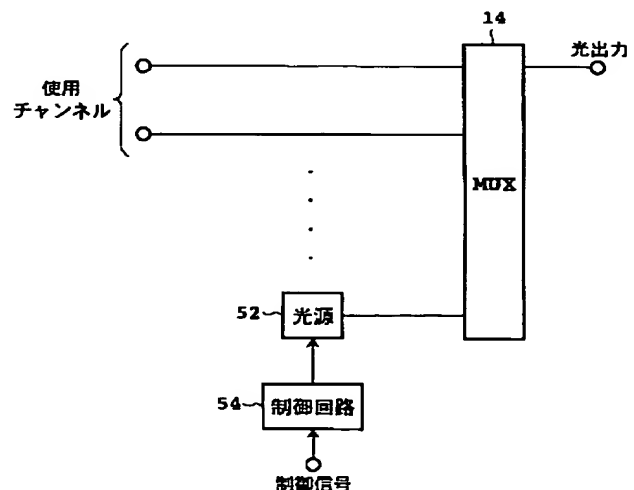
(54) 【発明の名称】 光伝送装置及び光通信システム

(57) 【要約】

【課題】 本発明は波長分割多重 (WDM) に適用される光伝送装置及び光通信システムに関し、WDMのチャネル数が変化した場合における伝送品質の劣化の防止を課題としている。

【解決手段】 複数の光信号を波長分割多重してWDM信号を生成しこれを光伝送路へ送出するための光マルチプレクサ14と、光信号の各々のパワーに基づき各光信号の断を検出する手段54と、光信号の少なくとも1つが断になったときに予め定められた波長を有する光をWDM信号光に加えるための補償手段52とから構成する。

光伝送装置の第1実施形態を示すブロック図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の光信号を波長分割多重 (WDM) して WDM 信号光を生成し該 WDM 信号光を光伝送路へ送出するための光マルチプレクサと、

上記複数の光信号の各々のパワーに基づき該各光信号の断を検出する手段と、

上記複数の光信号の少なくとも 1 つが断になったときに予め定められた波長を有する光を上記 WDM 信号光に加えるための補償手段とを備えた光伝送装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の装置であって、上記複数の光信号を出力する複数の光送信機を更に備えた装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の装置であって、上記予め定められた波長を有する光を出力する光源を更に備え、上記補償手段は、上記光源をオン／オフする手段を含む装置。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の装置であって、上記補償手段は外部光源からの光をオン／オフする手段を含む装置。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の装置であって、複数の元光信号を出力する複数の光送信機と、該複数の元光信号をそれぞれ上記複数の光信号に波長変換する複数の波長変換器とを更に備えた装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の装置であって、上記複数の波長変換器の各々は、上記各元光信号を電気信号に変換する O/E 変換器と、該 O/E 変換器からの上記電気信号を上記各光信号に変換する E/O 変換器とを含み、

上記補償手段は上記複数の波長変換器のうち使用していない波長変換器の E/O 変換器をオン／オフする手段を含む装置。

【請求項 7】 請求項 1 に記載の装置であって、上記予め定められた波長を有する光のパワーを調節する手段を更に備えた装置。

【請求項 8】 光ファイバ伝送路と、複数の光信号を波長分割多重 (WDM) して WDM 信号光を生成し該 WDM 信号光を上記光ファイバ伝送路へ送出するための光マルチプレクサと、

上記複数の光信号の各々のパワーに基づき該各光信号の断を検出する手段と、

上記複数の光信号の少なくとも 1 つが断になったときに予め定められた波長を有する光を上記 WDM 信号光に加えるための補償手段とを備えた光通信システム。

【請求項 9】 請求項 8 に記載のシステムであって、上記光ファイバ伝送路の途中に設けられ上記 WDM 信号光を増幅するための少なくとも 1 つの光増幅器を更に備えたシステム。

【請求項 10】 請求項 9 に記載のシステムであって、上記少なくとも 1 つの光増幅器の各々は、該各光増幅器

のトータル出力レベルが一定になるように制御するためのフィードバックループを含むシステム。

【請求項 11】 請求項 10 に記載のシステムであって、

上記各光増幅器の各チャンネルの出力レベルが一定になるように上記予め定められた波長を有する光のパワーを制御する手段を更に備えたシステム。

【請求項 12】 請求項 9 に記載のシステムであって、上記少なくとも 1 つの光増幅器の各々は、光増幅媒体と、該光増幅媒体が上記 WDM 信号光の波長を含む利得帯域を提供するように該光増幅媒体をポンピングする手段とを含み、上記予め定められた波長は上記利得帯域に含まれるシステム。

【請求項 13】 請求項 12 に記載のシステムであって、上記光増幅媒体は希土類元素がドーブされたドーブファイバからなり、上記ポンピングする手段はポンプ光を上記ドーブファイバに供給するためのポンプ光源を含むシステム。

【請求項 14】 異なる波長の複数の光信号を出力する複数の光送信機と、

上記複数の光信号を波長分割多重 (WDM) して WDM 信号光を生成し該 WDM 信号光を光伝送路へ送出するための光マルチプレクサと、

予め定められた波長を有する光を上記 WDM 信号光に加えるための少なくとも 1 つの光源とを備えた光伝送装置。

【請求項 15】 請求項 14 に記載の装置であって、上記予め定められた波長を有する光のパワーを調節する手段を更に備えた装置。

【請求項 16】 光ファイバ伝送路と、異なる波長の複数の光信号を出力する複数の光送信機と、

上記複数の光信号を波長分割多重 (WDM) して WDM 信号光を生成し該 WDM 信号光を上記光ファイバ伝送路へ送出するための光マルチプレクサと、

予め定められた波長を有する光を上記 WDM 信号光に加えるための少なくとも 1 つの光源とを備えた光通信システム。

【請求項 17】 請求項 16 に記載のシステムであって、上記光ファイバ伝送路の途中に設けられ上記 WDM 信号光を増幅するための少なくとも 1 つの光増幅器を更に備えたシステム。

【請求項 18】 請求項 17 に記載のシステムであって、上記少なくとも 1 つの光増幅器の各々は、該各光増幅器のトータル出力レベルが一定になるように制御するためのフィードバックループを含むシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 19】 請求項 18 に記載のシステムであって、
上記各光増幅器の各チャネルの出力レベルが一定になるように上記予め定められた波長を有する光のパワーを制御する手段を更に備えたシステム。

【請求項 20】 請求項 17 に記載のシステムであって、
上記少なくとも 1 つの光増幅器の各々は、光増幅媒体と、該光増幅媒体が上記 WDM 信号光の波長を含む利得帯域を提供するように該光増幅媒体をポンピングする手段とを含み、
上記予め定められた波長は上記利得帯域に含まれるシステム。

【請求項 21】 請求項 20 に記載のシステムであって、
上記光増幅媒体は希土類元素がドープされたドープファイバからなり、
上記ポンピングする手段はポンプ光を上記ドープファイバに供給するためのポンプ光源を含むシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一般的に異なる波長の複数の光信号を用いた波長分割多重 (WDM) に関し、更に詳しくは、WDM に適用される光伝送装置及び光通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、低損失 (例えば 0.2 dB/km) な光ファイバの製造技術及び使用技術が確立され、光ファイバを伝送路とする光通信システムが実用化されている。また、光ファイバにおける損失を補償して長距離の伝送を可能にするために、信号光を増幅するための光増幅器が実用化されている。

【0003】 従来知られている光増幅器は、増幅されるべき信号光が供給される光増幅媒体と、光増幅媒体が信号光の波長を含む利得帯域を提供するように光増幅媒体をポンピング (励起) する手段とを備えている。例えば、エルビウムドープファイバ増幅器 (EDFA) は、光増幅媒体としてのエルビウムドープファイバ (EDF) と、予め定められた波長を有するポンプ光を EDF に供給するためのポンプ光源とを備えている。0.98 μ m 帯 (0.97 μ m ~ 0.99 μ m) 或いは 1.48 μ m 帯 (1.47 μ m ~ 1.49 μ m) の波長を有するポンプ光を用いることによって、波長 1.55 μ m を含む利得帯域が得られる。また、半導体チップを光増幅媒体として用いる光増幅器も知られている。この場合、半導体チップに電流を注入することによってポンピングが行われる。

【0004】 一方、光ファイバによる伝送容量を増大させるための技術として、波長分割多重 (WDM) がある。WDM が適用されるシステムにおいては、異なる波

長を有する複数の光キャリアが用いられる。各光キャリアを独立に変調することによって得られた複数の光信号が光マルチプレクサにより波長分割多重され、その結果得られた WDM 信号光が光ファイバ伝送路に送出される。受信側では、受けた WDM 信号光が光デマルチプレクサによって個々の信号に分離され、各光信号に基づいて伝送データが再生される。WDM の適用によって、当該多重数に応じて一本の光ファイバによる伝送容量を増大させることができる。

【0005】 従って、光増幅器及び WDM を組み合わせることによって、光通信システムの長スパン化及び大容量化が可能になる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 光増幅器及び WDM を組み合わせる場合、光増幅器において実施される自動出力レベル制御 (ALC) により伝送品質が制限されることがある。ALC は、一般的には、光増幅器のトータル出力レベルが一定になるような制御であるので、例えば WDM 信号光のあるチャネルの光信号が断になったときに、他のチャネルの各々の光出力レベルが増大し、光ファイバ伝送路で生じる非線形効果 (SPM: 自己位相変調、XPM: 相互位相変調、FWM: 四光波混合等) の影響を受けることがあるのである。非線形効果の影響は、特に 10 Gb/s 以上の高速伝送の場合に顕著であることが知られている。

【0007】 よって、本発明の目的は、WDM のチャネル数が変化した場合に伝送品質が劣化する虞のない光伝送装置及び光通信システムを提供することにある。本発明の他の目的は以下の説明から明らかになる。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明によると、複数の光信号を波長分割多重 (WDM) して WDM 信号光を生成し該 WDM 信号光を光伝送路へ送出するための光マルチプレクサと、上記複数の光信号の各々のパワーに基づき該各光信号の断を検出する手段と、上記複数の光信号の少なくとも 1 つが断になったときに予め定められた波長を有する光を上記 WDM 信号光に加えるための補償手段とを備えた光伝送装置が提供される。

【0009】 この構成によると、WDM 信号光の少なくとも 1 つのチャネルが断になったときに、予め定められた波長を有する光が WDM 信号光に加えられるようにしているので、例えば、WDM 信号光を増幅するための光増幅器においてトータル出力レベルが一定になるような ALC (自動出力レベル制御) が実施されている場合に、チャネル当たりの光出力レベルの変化を小さく抑えることができ、本発明の目的の 1 つが達成される。

【0010】 本発明の他の側面によると、異なる波長の複数の光信号を出力する複数の光送信機と、上記複数の光信号を波長分割多重 (WDM) して WDM 信号光を生成し該 WDM 信号光を光伝送路へ送出するための光マル

チプレクサと、予め定められた波長を有する光を上記WDM信号光に加えるための少なくとも1つの光源とを備えた光伝送装置が提供される。

【0011】光増幅器において、トータル出力レベルが一定になるようなALCが実施されている場合、チャンネル当たりの光出力レベルの変動幅は、チャンネル数に依存する。例えば、2チャンネルが1チャンネルに減少する場合には光出力レベルが3dB変化するのに対して、8チャンネルが7チャンネルに減少する場合には光出力レベルの変化は0.58dBと小さい。従って、本発明のように予め定められた波長を有する光をWDM信号光に加えておくことによって、WDM信号光のあるチャンネルの光信号が断になった場合における多チャンネルの光出力レベルの変動を小さく抑えることができる。

【0012】本発明の更に他の側面によると光通信システムが提供される。このシステムは、送信用の端局と、端局に動作的に接続される光ファイバ伝送路とを備えている。端局は本発明による光伝送装置を含む。

【0013】尚、この出願において、ある要素と他の要素とが動作的に接続されるというのは、これらの要素が直接接続される場合を含み、更に、これらの要素の間で電気信号又は光信号の受渡しができる程度の関連性を以てこれらの要素が設けられている場合を含む。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の望ましい実施の形態を詳細に説明する。図1は本発明を適用可能な光通信システムのブロック図である。このシステムは、送信用の第1の端局2と、受信用の第2の端局4と、端局2及び4間を結ぶ光ファイバ伝送路6とを備えている。本発明による光伝送装置は特に第1の端局2に適用可能である。

【0015】第1の端局2は、この例では任意波長の光信号（元光信号）を各々出力する複数の光送信機（OS）8（#1, ..., #n）と、光送信機8（#1, ..., #n）及び光ファイバ伝送路6に動作的に接続されるトランスポンダ10とを有している。

【0016】トランスポンダ10は、光送信機8（#1, ..., #n）からの任意波長の光信号をそれぞれ予め定められた波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ の光信号に波長変換する複数の波長変換器12（#1, ..., #n）と、波長変換器12（#1, ..., #n）からの光信号を波長分割多重してWDM信号光を生成するための光マルチプレクサ14とを含む。光マルチプレクサ14からのWDM信号光は光ファイバ伝送路6に送出される。

【0017】光ファイバ伝送路6の途中にはインライン型の複数の光増幅器16が設けられている。各光増幅器16はWDM信号光を増幅する。即ち、各光増幅器16はWDM信号光の波長を含む利得帯域を提供している。光ファイバ伝送路6の長さによっては、1台の光増幅器が用いられていてもよい。

【0018】第2の端局4は、光ファイバ伝送路6により送られてきたWDM信号光を個々の任意波長の光信号（元光信号）に分けるためのトランスポンダ18と、これらの光信号を受けるための光受信機（OR）20（#1, ..., #n）とを有している。

【0019】トランスポンダ18は、入力されたWDM信号光を波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ の複数の光信号に分けるための光デマルチプレクサ22と、これらの光信号を任意波長の光信号に波長変換するための複数の波長変換器24（#1, ..., #n）とを含む。

【0020】図1のシステム構成によると、波長分割多重が適用されているので、多重数に応じて伝送容量が拡大され、また、光ファイバ伝送路6の途中にインライン型の光増幅器16が設けられているので、簡単な構成で光ファイバ伝送路6の長スパン化が可能になる。特に、第1の端局2においては、トランスポンダ10の入力側の各光信号の波長が任意であり、また、第2の端局4においては、トランスポンダ18の出力側の各光信号の波長が任意であるので、光送信機8（#1, ..., #n）及び光受信機20（#1, ..., #n）の各々として既存の装置を用いることができる。

【0021】光送信機8（#1, ..., #n）または光受信機20（#1, ..., #n）の各々に代わる再生中継器を用いた拡張的な光ネットワークシステムが提供されてもよい。

【0022】図2は本発明を適用可能な他の光通信システムのブロック図である。ここでは、送信用の端局2'は、波長分割多重用の予め定められた波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ の光信号をそれぞれ出力する複数の光送信機8'（#1, ..., #n）を有している。これらの光信号は光マルチプレクサ（MUX）14により波長分割多重され、その結果得られたWDM信号光が光ファイバ伝送路6に送出される。

【0023】第2の端局4'においては、光ファイバ伝送路6により送られてきたWDM信号光が光デマルチプレクサ（DMUX）18によって波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ の個々の光信号に分離され、これらの光信号は光受信機20'（#1, ..., #n）に供給される。

【0024】図2のシステム構成によっても、図1による場合と同様に伝送容量の拡大及び光ファイバ伝送路6の長スパン化が可能になる。特に図2のシステム構成では、光送信機8'（#1, ..., #n）及び光受信機20'（#1, ..., #n）の各々が波長分割多重専用のものに限定される反面、図1に示されるような波長変換器が不要であるので、構成を簡略化してシステムを低価格に提供することができる。

【0025】尚、図1及び図2に示されるシステムの各々においては、光マルチプレクサ14と光ファイバ伝送路6との間にポストアンプとしての光増幅器が設けられていてもよいし、光ファイバ伝送路6と光デマルチプレ

クサ 18 との間にブリアンプとしての光増幅器が設けられていてもよい。

【0026】図 3 は送信光出力の許容範囲を説明するためのパワーダイヤグラムである。縦軸は光レベル（光パワー）、横軸は距離（または位置）を表している。2 つの光増幅器の間の光ファイバスパンにおける入力側の送信光出力の許容範囲は、受信側における最小受信電力（S/N リミット）と光ファイバスパンにおける非線形効果の影響により決定される。具体的には、送信光出力の許容範囲の下限は、最小受信電力及び伝送路損失傾斜によって決定され、同上限は非線形効果の影響によって決定される。また、受信側における受信可能範囲の下限は最小受信電力によって与えられ、上限はフォトダイオード等のフォトディテクタの耐性によって決定される。

【0027】従って、図 1 及び図 2 のシステムの各々のように波長分割多重が適用されている場合には、全チャネルの光信号が送信光出力の許容範囲内にあることが、良好な伝送品質を維持する上で重要である。

【0028】図 4 は本発明に適用可能な光増幅器のブロック図である。入力ポート 26 と出力ポート 28 との間には、可変な減衰を有する光アッテネータ（光減衰器）30 と、光カプラ 32 と、WDM カプラ 34 と、エルビウムドープファイバ（EDF）36 と、光カプラ 38 とがこの順に設けられている。入力ポート 26 に供給された WDM 信号光は、光アッテネータ 30 による制御された減衰を受け、光カプラ 32 及び WDM カプラ 34 を通って EDF 36 に供給される。

【0029】ポンプ光源としてのレーザダイオード（LD）40 からのポンプ光は、WDM カプラ 34 を通って EDF 36 に供給される。ポンプ光によりポンピングされている EDF 36 に WDM 信号光が供給されると、誘導放出の原理に従って WDM 信号光は増幅され、増幅された WDM 信号光は光カプラ 38 を通って出力ポート 28 から出力される。

【0030】ここでは、EDF 36 における利得特性（利得の波長依存性）を一定に保つために、自動利得制御（AGC）が採用され、また、トータル出力レベルが一定になるようにするために、自動出力レベル制御（ALC）が採用されている。

【0031】EDF 36 に供給される増幅されるべき WDM 信号光の一部は光カプラ 32 により分岐され、分岐された光はフォトダイオード等のフォトディテクタ（PD）42 によりそのパワーに応じた電気信号に変換される。また、増幅された WDM 信号光の一部は光カプラ 38 により分岐され、分岐された光はフォトディテクタ 44 によりそのパワーに応じた電気信号に変換される。フォトディテクタ 42 及び 44 の出力信号は AGC 回路 46 に供給され、AGC 回路 46 は、EDF 36 の利得が一定になるように、駆動回路 48 がレーザダイオード 40 に供給する駆動電流を制御する。

【0032】フォトディテクタ 44 の出力信号はまた ALC 回路 50 に供給され、ALC 50 は EDF からの増幅された WDM 信号光のトータル出力レベルが一定になるように光アッテネータ 30 の減衰を制御する。

【0033】図 4 では、WDM 信号光及びポンプ光が EDF 36 内を同じ向きに伝搬するようにしてフォワードポンピングが行われているが、WDM 信号光及びポンプ光が EDF 36 内を互いに逆向きに伝搬するような改良を施してバックワードポンピングが行われるようにしてもよい。また、2 つのポンプ光源を用いて、双方向ポンピングを行ってもよい。

【0034】増幅すべき WDM 信号光の波長が 1.55 μm 帯（1.50 μm ~ 1.60 μm ）に含まれる場合には、ポンプ光の波長を 0.98 μm 帯或いは 1.48 μm 帯に設定すると共に、AGC の目標値を適切に設定することによって、WDM 信号光の波長を含む実質的に平坦な利得帯域を提供することができ、波長間隔を十分狭くすることによって、高密度な波長分割多重が可能になる。

【0035】ここでは光増幅媒体として EDF 36 が用いられているが、Yb 及び Nd 等の他の希土類元素がドープされたドープファイバも採用可能である。図 4 に示されるようにトータル出力レベルが一定になるような ALC を実施する場合、WDM 信号光のチャネル数の変化に従って各チャネルの光出力パワーが変化し、送信光出力の許容範囲を外れることがある。これを具体的に説明する。

【0036】図 5 は WDM におけるチャネル数の減少によるチャネル当たりの光出力パワーの増加を説明するための図である。同図左上に示されるように、一定入力レベルの 4 チャネルの WDM 信号光が光増幅器に入力されているときに、同図右上に示されるように 1 チャネルの光信号が断になった場合、同図左下に示されるような、入カスペクトルに対応する出カスペクトルは、同図右下に示されるように変化する。

【0037】即ち、1 チャネルの光信号が断になると、ALC によってトータル出力レベルが一定に維持されるような制御が行われるので、残っている各チャネルの出カレベルが送信光出力の許容範囲の上限を越えることがあるのである。この場合、非線形効果の影響により波形歪みが生じ、伝送品質が劣化する虞がある。

【0038】図 6 はチャネル数の増加によるチャネル当たりの光出力パワーの減少を説明するための図である。同図左上に示されるように、一定入力レベルの 3 チャネルの WDM 信号光が光増幅器に入力されているときに、同図右上に示されるように 1 チャネルの光信号が増えた場合、同図左下に示されるような、入カスペクトルに対応する出カスペクトルは、同図右下に示されるように変化する。

【0039】即ち、1 チャネルの光信号が増えると、A

LCによってトータル出力レベルが一定に維持されるような制御が行われる結果、各チャネルの出力レベルが送信光出力の許容範囲の下限を下回ることがあるのである。この場合、受信側において各チャネルの光信号が最小受信電力を下回ることとなり、伝送品質が劣化する虞がある。

【0040】以下、図5により説明したチャネル当たりの光出力パワーの増加に対処するための、或いは、図5及び図6により説明したチャネル当たりの光出力パワーの変化に対処するための光伝送装置のいくつかの実施形態について説明する。

【0041】図7は本発明による光伝送装置の第1実施形態を示すブロック図である。この光伝送装置が図2の第1の端局2'に適用されるものとしてこの実施形態を説明する。

【0042】ここでは、光マルチプレクサ14の複数の入力ポートが互いに異なる波長を有する光信号を出力する複数の光送信機8'（#1, ..., #n）に接続されるだけでなく、光マルチプレクサ14の入力ポートの1つは付加的な光源52に接続されている。

【0043】光源52は、予め定められた規則に従って予め定められた波長を有する光を出力するように制御回路54によりオン/オフされる。例えば、使用チャネルの全てが正常である場合には、光源52はオフにされ、使用チャネルの1つの光信号が断になったことが検出されたときに、光源52がオンにされる。これにより、図2に示される各光増幅器16においてトータル出力パワーが一定になるようなALCが実施されている場合に、各光増幅器16におけるチャネル当たりの光出力パワーが変化することが防止され、良好な伝送品質が維持される。

【0044】チャネル当たりの光出力パワーの変化を最小限に抑えるためには、光源52から出力される光のパワーが断になった光信号のパワーに概略等しく、且つ、光源52から出力される光の波長が各光増幅器16の利得帯域に含まれていることが望ましい。

【0045】制御回路54による光源52の予め定められた規則に従うオン/オフの動作は、チャネル数モニタからの制御信号に基づいて行われる。チャネル数モニタの具体例については後述する。

【0046】尚、光源52から出力される光の波長は、各使用チャネルの正常な動作を確保するために、各使用チャネルの光信号の波長とは異なることが望ましい。例えば、光源52から出力される光の波長は、断になった光信号の波長と同じ或いは未使用チャネルの波長と同じである。

【0047】光源52から出力される光は変調されていてもよいし、変調されていない連続波光（CW光）であってもよい。光源52から出力される光を変調する場合

情報は各光増幅器16或いは第2の端局4'に伝えることができる。

【0048】図7の実施形態では、得られるWDM信号光のトータルパワーが概略一定になるための補償を行うために、専用の光源52を用いているが、図2に示される光送信機8'（#1, ..., #n）のうちの未使用チャネルの光送信機を光源52の代わりに用いてもよい。

【0049】図7の実施形態では、光源52が1つ用いられているが、複数の光源を用いて複数チャネルの断に対処することができるようにしてもよい。図8は本発明による光伝送装置の第2実施形態を示すブロック図である。ここでは、図7の第1実施形態と対比して、光源52と光マルチプレクサ14の入力ポートとの間に減衰が可変な光減衰器或いは利得が可変な光増幅器からなるレベル調整ユニット56が付加的に設けられている。

【0050】制御回路54に供給される制御信号に基づいて、WDM信号光の断になったチャネル数を検出することができるので、その結果に基づいてレベル調整ユニット56を調節することによって、断になったチャネルの数に関わらずWDM信号光のトータルパワーを一定にすることができ、各チャネルの光出力パワーが送信出力の許容範囲を越えることが防止される。

【0051】ここでは、レベル調整ユニット56を光源52とは独立に設けているが、光源52として駆動電流に応じたパワーの光を出力するレーザダイオードを用い、その駆動電流の調節によってWDM信号光に加えられる光のパワーを制御するようにしてもよい。

【0052】図9は本発明による光伝送装置の第3実施形態を示すブロック図である。ここでは、得られるWDM信号光のトータルパワーが一定になるような補償を行うために専用の光源を用いるのではなく、外部より供給される光を制御ユニット58によりオン/オフして光マルチプレクサ14にてWDM信号光に加えるようにしている。

【0053】具体的には使用チャネルが正常に動作している場合には、外部より供給された光は制御ユニット58によりオフにされており、使用チャネルのいずれかが断になった場合に、制御ユニット58がオンになり外部より供給された光がWDM信号光に加えられる。

【0054】これにより、得られるWDM信号光のトータル出力パワーを常に一定に保つことができ、各チャネルの光出力パワーを送信光出力の許容範囲内に収めることができる。その結果、WDMのチャネル数が変化した場合に伝送品質が劣化する虞がなくなる。

【0055】ここでは、制御ユニット58は外部より供給される光をオン/オフするものとして説明したが、図8の第2実施形態におけるレベル調整ユニット56に準じて、制御ユニット58が外部より供給される光のパワーを調節してWDM信号光に加えるようにしてもよい。

【0056】このようなレベル調整を少なくとも1チャ

ネルについて実施し得るようにしておくことによって、複数チャネルの光信号が断になった場合であっても得られるWDM信号光のトータル出力パワーを一定に保つことができる。

【0057】また、レベル調整を実施しない場合であっても、複数チャネル、望ましくは全チャネルに本発明による補償手段を適用することによって、複数チャネルの光信号の断に対処することができる。

【0058】第1乃至第3実施形態が図2のシステムの第1の端局2'に適用されるときとして説明を行ったが、第1乃至第3実施形態を図1のシステムの第1の端局2に適用されてもよい。この場合には、波長変換器12(#1, ..., #n)及びその他必要な波長変換器が光マルチプレクサ14の入力側に設けられる。

【0059】図10は、WDM信号光の断になったチャネル数をモニタリングするためのチャネル数モニタの実施形態を示すブロック図である。ここでは、光マルチプレクサ14の出力ポートにはWDM信号光を増幅するためのポストアンプ60が付加的に設けられている。

【0060】ポストアンプ60により増幅されたWDM信号光の一部は光カプラ62により分岐され、分岐された光はチャネル数モニタ64に供給される。チャネル数モニタ64は供給された光に基づきWDM信号光における断したチャネル数等に関するモニタリングを行い、その結果を前述した制御信号として出力する。

【0061】この実施形態によると、光マルチプレクサ14の出力側でモニタリングを行うようにしているので、光マルチプレクサ14の入力側及び出力側におけるデバイス故障、コネクタ抜け、パッケージ抜け等による信号の断を検出することができる。また、チャネル数モニタ64には波長分割多重された後のWDM信号光が供給されるので、モニタ64においてはスペクトラムアナライザを用いることによって光信号の断をチャネル毎に検出することができる。

【0062】図11は本発明に適用可能なチャネル数モニタの他の実施形態を示すブロック図である。ここでは、光マルチプレクサ14の入力ポートの各々に光カプラ66を設け、各光カプラ66で分岐された各チャネルの光信号を直接チャネル数モニタ64に供給するようにしている。

【0063】この構成によると、波長分割多重を行う前の光信号が直接モニタ64に供給されるので、スペクトラムアナライザを用いることなしに迅速に特定チャネルの光信号の断を検出することができる。また、断検出から制御までの回路構成を簡素化することができるので、応答速度を速くすることができる。

【0064】図12は本発明による光伝送装置の第4実施形態を示すブロック図である。この光伝送装置が図1のシステムの第1の端局2に適用されるときとしてこの実施形

態を説明する。

【0065】ここでは、トランスポンダ10に含まれる複数の波長変換器12(#1, ..., #n)のうち未使用チャネルの波長変換器12(#i)に含まれるE/O変換器(電気/光変換器)68が制御回路54によってオン/オフされるようにしている。未使用チャネルの波長変換器ではなく光信号の入力が断になった波長変換器のE/O変換器が制御回路54によってオン/オフされるようにしてもよい。

10 【0066】この実施形態によると、既存の波長変換器のE/O変換器を用いて、得られるWDM信号光のトータルパワーが一定になるような補償を行うことができるので、簡単な構成で本発明の目的を達成することができる。

【0067】WDM信号光におけるあるチャネルの光信号の断を検出するためには、図10又は図11に示されるチャネル数モニタ64を用いればよいが、次のようにして光信号の断を検出してよい。

20 【0068】そのための波長変換器の構成例を図13の(A)及び(B)に示す。図13の(A)に示される例では、波長変換器12は、供給された元光信号を電気信号に変換するためのO/E変換器(光/電気変換器)70と、O/E変換器70から出力された電気信号を光信号に変換するE/O変換器68とを備えている。そして、E/O変換器68において信号断が検出された場合に即座にE/O変換器68が定常発光するようにしている。即ち、信号断の検出及び補償用の光の出力をE/O変換器68内で完結しているのである。

30 【0069】一方、図13の(B)に示される例では、O/E変換器70において光信号の入力の断を検出するようにし、その結果に基づき、光信号の断が検出された場合にE/O変換器68が定常発光するようにしている。

【0070】図13の(A)又は(B)の実施形態では、既存の波長変換器の構成をそのまま用いることができるので、簡単な構成で補償を行うことが可能であると共に、応答速度も速い。

40 【0071】ところで、図1及び図2のシステムの各々において、各光増幅器16でトータル出力レベルが一定になるようなALCが実施されている場合、光信号の断に起因するチャネル当たりの光出力レベルの変動幅は、運用されているチャネル数に依存する。例えば、下記の表に示されるように、2チャネルが1チャネルになる場合には3dB光出力が増大するのに対して、8チャネルが7チャネルになる場合には、光出力の変化は0.58dBと小さい。

【0072】

【表1】

変化前チャネル数	変化後チャネル数	光出力パワー変化量
2	1	3.01 dB/ch. up
3	2	1.76 dB/ch. up
4	3	1.25 dB/ch. up
5	4	0.97 dB/ch. up
6	5	0.79 dB/ch. up
7	6	0.67 dB/ch. up
8	7	0.58 dB/ch. up

【0073】従って、図1のシステムにおいては複数の光送信機8（#1, …, #n）のうちの一部分が信号伝送用に使用されている場合、或いは、図2のシステムにおいては複数の光送信機8'（#1, …, #n）のうちの一部分が信号伝送用に使用されている場合には、残りの光送信機の一部又は全部を定常発光させておくことにより、使用チャネルの光信号が断になった場合におけるチャネル当たりの光出力の変動を小さく抑えることができる。

【0074】チャネル当たりの光出力レベルの変動幅を小さくするために、未使用チャネルの光送信機を用いるのではなく、専用の光源を用いてもよい。これを図14により説明する。

【0075】図14は本発明による光伝送装置の第5実施形態を示すブロック図である。ここでは、光マルチプレクサ14の入力ポートの1つに光源52が接続されている。光源52は予め定められた波長を有する光を出力し、この光は光マルチプレクサ14においてWDM信号光に加えられる。

【0076】光源52から出力される光の波長は、各光増幅器16の利得帯域に含まれ、且つ、各使用チャネルの波長と異なるように設定される。図14では、光源52は1つだけ図示されているが、複数の光源52が用いられてもよい。チャネル当たりの光出力レベルの変動幅を小さくするためには、光源52の数を大きくすればよい。

【0077】図15は本発明による光伝送装置の第6実施形態を示すブロック図である。ここでは、チャネル当たりの光出力レベルの変動幅を小さく抑えるために、外部より供給される光を光マルチプレクサ14にてWDM信号光に加えるようにしている。

【0078】図14及び図15の各々に示される光伝送装置は図2のシステムにおいて第1の端局2'に適用することができる他、図1のシステムにおいて第1の端局2の波長変換器12（#1, …, #n）の入力側に適用することもできる。

【0079】図14の実施形態においては、光源52から出力される光のパワーが一定であってもよいし、図8に示されるレベル調整ユニット56を用いて調節可能に

してもよい。

【0080】また、図15の実施形態に図9の制御ユニット58を適用して外部より供給される光のパワーを調節可能にしてもよい。図16は本発明による光伝送装置の第7実施形態を示すブロック図である。ここでは、図12の実施形態と同様に未使用チャネルの波長変換器12（#i）を用い、そのE/O変換器68を定常発光させている。この場合にも、前述した表で説明した原理に従って、使用チャネルの光信号が断になった場合におけるチャネル当たりの光出力レベルの変動幅を小さくすることができる。

【0081】尚、本発明を実施する場合、各光増幅器の各チャネルの出力レベルが一定になるように補償用の光のパワーを制御するのが望ましい。

【0082】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、波長分割多重（WDM）のチャネル数が変化した場合に伝送品質が劣化する虞のない光伝送装置及び光通信システムの提供が可能になるという効果が生じる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明を適用可能な光通信システムのブロック図である。

【図2】図2は本発明を適用可能な他の光通信システムのブロック図である。

【図3】図3は送信光出力の許容範囲を説明するためのパワーダイアグラムである。

【図4】図4は本発明に適用可能な光増幅器のブロック図である。

【図5】図5はチャネル数の減少によるチャネル当たりの光出力パワーの増加を説明するための図である。

【図6】図6はチャネル数の増加によるチャネル当たりの光出力パワーの減少を説明するための図である。

【図7】図7は本発明による光伝送装置の第1実施形態を示すブロック図である。

【図8】図8は本発明による光伝送装置の第2実施形態を示すブロック図である。

【図9】図9は本発明による光伝送装置の第3実施形態を示すブロック図である。

【図10】図10は本発明に適用可能なチャネル数モニ

タの実施形態を示すブロック図である。

【図 11】図 11 は本発明に適用可能なチャネル数モニタの他の実施形態を示すブロック図である。

【図 12】図 12 は本発明による光伝送装置の第 4 実施形態を示すブロック図である。

【図 13】図 13 の (A) 及び (B) は本発明に適用可能な波長変換器の実施形態を示すブロック図である。

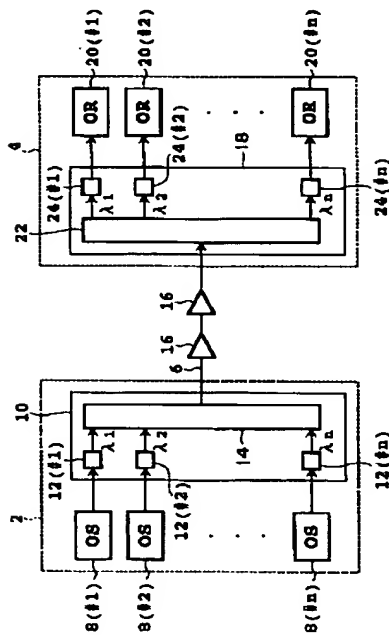
【図 14】図 14 は本発明による光伝送装置の第 5 実施形態を示すブロック図である。

【図 15】図 15 は本発明による光伝送装置の第 6 実施形態を示すブロック図である。

【図 16】図 16 は本発明による光伝送装置の第 7 実施形態を示すブロック図である。

【図 1】

本発明を適用可能な光通信システムのブロック図

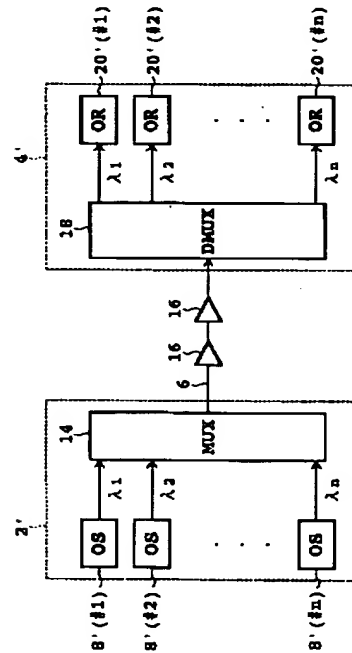


【符号の説明】

- 2 第 1 の端局
- 4 第 2 の端局
- 6 光ファイバ伝送路
- 8 光送信機
- 10 トランスポンダ
- 12 波長変換器
- 14 光マルチプレクサ
- 16 光増幅器
- 18 トランスポンダ
- 20 光受信機
- 5 2 光源
- 5 4 制御回路

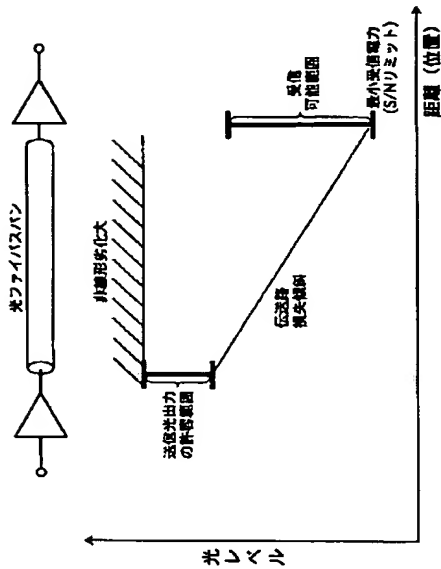
【図 2】

本発明を適用可能な他の光通信システムのブロック図



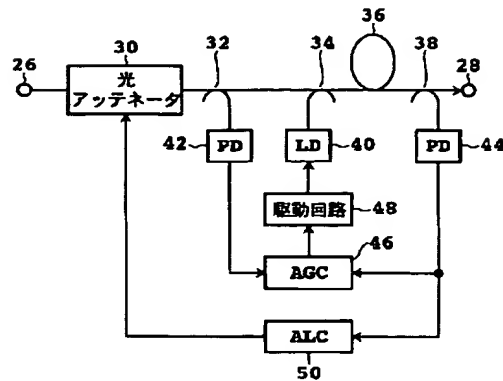
【図 3】

送信光出力の許容範囲を説明するための
パワーダイアグラム



【図 4】

本発明に適用可能な光増幅器のブロック図

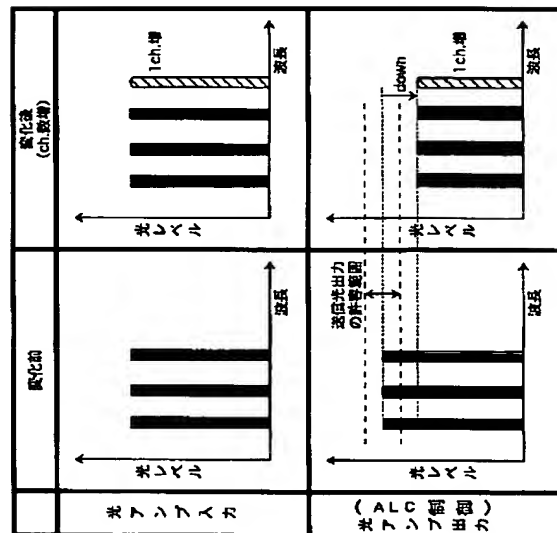
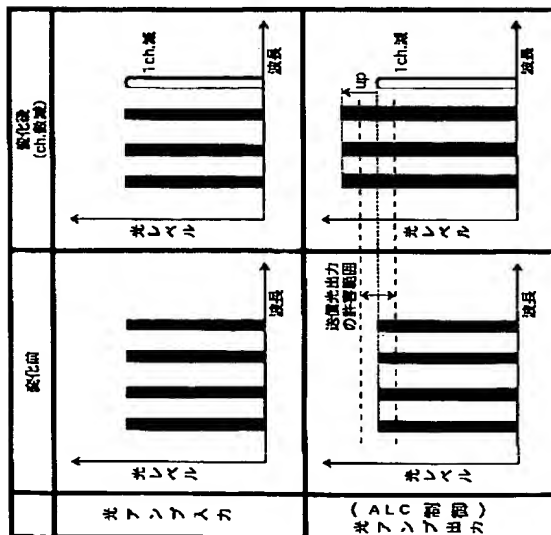


【図 6】

チャンネル数の増加によるチャンネル当りの
光出力パワーの減少を説明するための図

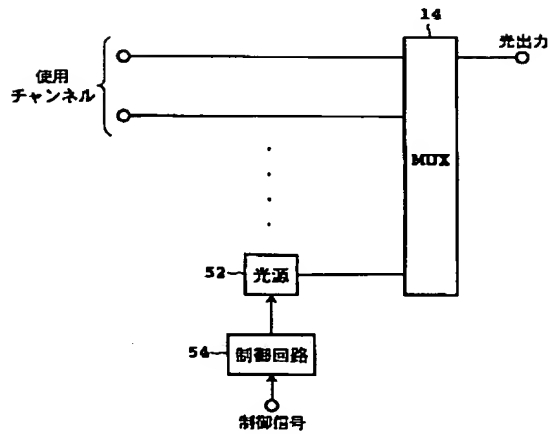
【図 5】

チャンネル数の減少によるチャンネル当りの
光出力パワーの増加を説明するための図



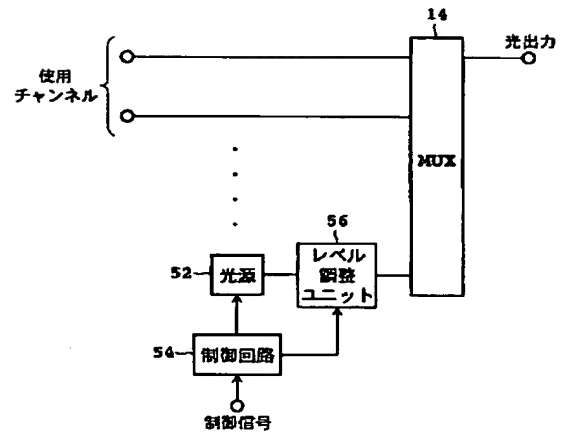
【図 7】

光伝送装置の第 1 実施形態を示すブロック図



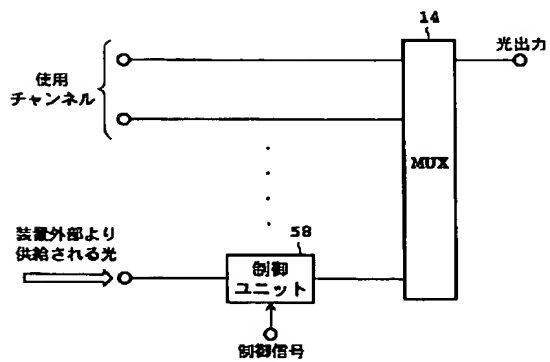
【図 8】

光伝送装置の第 2 実施形態を示すブロック図



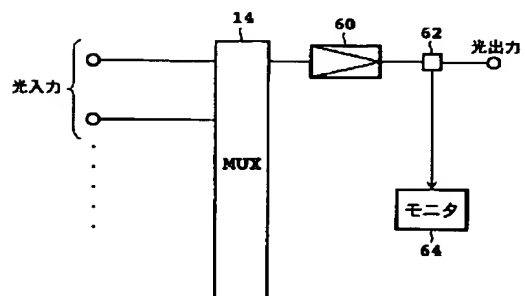
【図 9】

光伝送装置の第 3 実施形態を示すブロック図



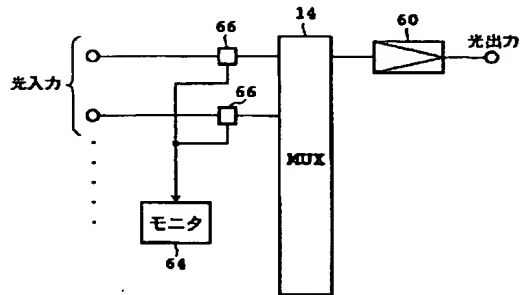
【図 10】

チャンネル数モニタの実施形態を示すブロック図



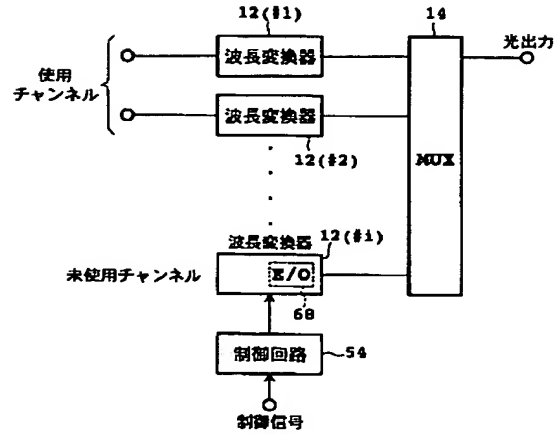
【図 1 1】

チャンネル数モニタの他の実施形態を示すブロック図



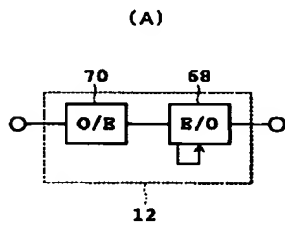
【図 1 2】

光伝送装置の第 4 実施形態を示すブロック図



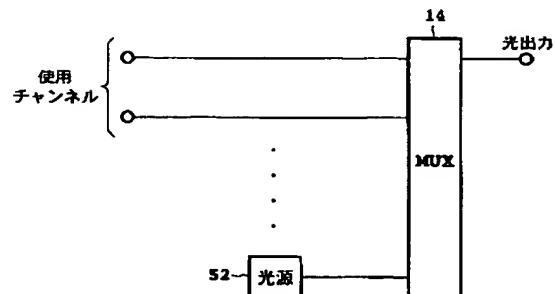
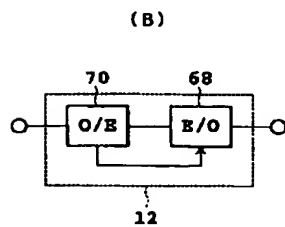
【図 1 3】

波長変換器の実施形態を示すブロック図



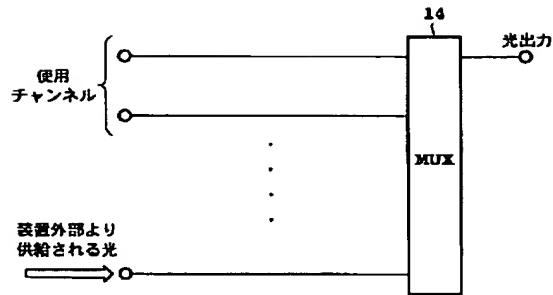
【図 1 4】

光伝送装置の第 5 実施形態を示すブロック図



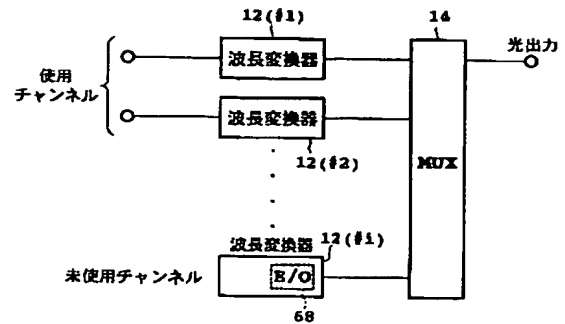
【図 1 5】

光伝送装置の第 6 実施形態を示すブロック図



【図 1 6】

光伝送装置の第 7 実施形態を示すブロック図



フロントページの続き

(72)発明者 山根 一雄
神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内

(72)発明者 津田 高至
神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内
(72)発明者 河崎 由美子
神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内